

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ АТМОСФЕРНОГО ГАЗОЙЛЯ

А.А. Пучкова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.И. Кривцова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru).

Актуальность данной темы продиктована популярностью процесса гидроирования среди вторичных процессов переработки нефти. Так как добываемая сейчас нефть является более высокосернистой. Также ужесточаются регулирующие нормы и стандарты, которые во-первых, способствуют охране окружающей среды, а во-вторых обеспечивают получение товарных продуктов нефтепереработки более высокого качества.

Таким образом, целью данного исследования является оптимизация процесса гидроочистки атмосферного газойля (АГ) для достижения требуемого уровня очистки топлива от серосодержащих соединений, с использованием метода математического моделирования.

В качестве объекта исследования выбран атмосферный газойль (фракционный состав 210–400 °C), с общим содержанием серы 0,9 % мас.; катализатор марки KF-905-1.3Q.

Математическая модель, которая базируется на нестационарной кинетической модели, позволит учитывать влияние изменения технологических параметров, объема и состава перерабатываемого сырья, а также типа катализатора. Разработка математической модели необходима для оптимизации процесса гидроочистки АГ.

За основу для формирования математической модели каталитического превращения реагентов в химическом реакторе берём кинетическую схему, в связи с тем, что реальное количество протекающих реакций достаточно много. На создание схемы превращения углеводородов огромное влияние оказывают знания о механизме процесса, методы разделения и исследования покомпонентного состава сырья.

Анализ схемы превращения углеводородов в процессе гидроочистки показал, что целесообразно учитывать следующие основные реакции процесса, которые представлены на рисунке 1.

На основе приведенной схемы превращений углеводородов составлена кинетическая математическая модель процесса гидроочистки АГ. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, отражающая изменение каждого псевдокомпонента от времени протекания процесса. Нахождение кинетических параметров осуществлено на основе экспериментальных данных, полученных на лабораторной каталитической установке.

Установленные кинетические закономерности процесса каталитической гидроочистки АГ, на катализаторе KF-905-1.3Q, лягут в основу надёжной математической модели, пригодной для прогнозирования и оптимизации важнейших по-

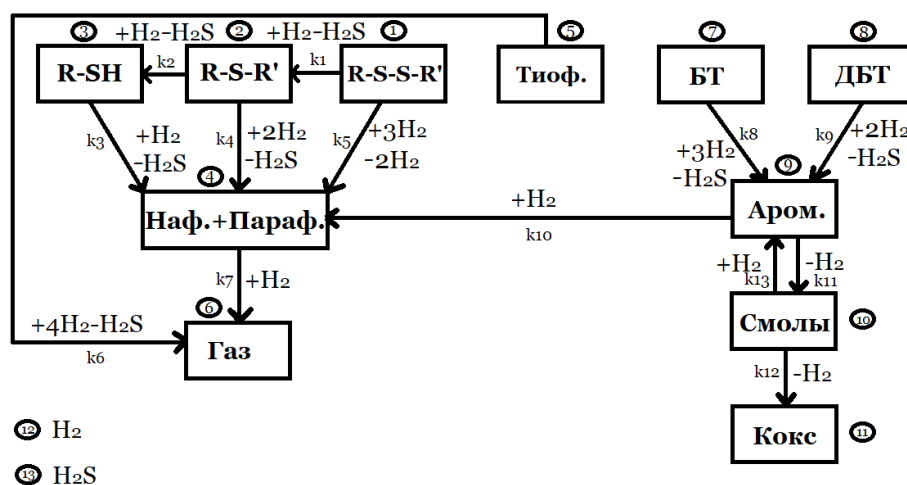


Рис. 1. Механизм химических превращений процесса гидроочистки АГ

где 1–13 агрегированные в псевдокомпоненты составляющие механизма, используемые для разработки кинетической модели,  $k_1$ – $k_{12}$  – константы скорости протекающих реакций.

казателей качества АГ. Также планируется выдать рекомендации по улучшению низкотемпературных свойств и снижения содержания серы в АГ на основе численного и экспериментального исследования процесса.

По итогам работы планируется получение свидетельства об официальной регистрации программы.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ПНГ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ПОЛЕ**

Б.В. Пушнов, И.М. Долганов

Научный руководитель – к.т.н., доцент И.М. Долганов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, pushnovboris@gmail.com*

Сепарация газа является одним из ключевых технологических процессов при его подготовке и компримировании. Эффективность процесса сепарации во многом определяет качество газа, требуемое для последующих технологических процессов (абсорбция, НТС), надежной и долговечной работы газоперекачивающих агрегатов, безгидратной и безконденсатной транспортировки.

Это означает высокое содержание в сепарируемой среде капельной жидкости, включая газовый конденсат, нефть, воду. Наличие даже небольшого количества дисперсной жидкости в тракте компрессора может привести к выходу ГПА из строя. Для обеспечения надежности работы компрессорного оборудования стандартами СТО Газпром 2-2.1-588-2011 и СТО Газпром 2-3.5-230-2008 предъявляются жесткие требования к качеству сепарации газа:

- допустимый унос жидкости не более 5 мг/м<sup>3</sup>;
- допустимая эффективность сепарации не менее 98,5 %;
- допустимое гидравлическое сопротивление не более 20 кПа.

Перепад давления в сепараторе оценивает его энергетическую эффективность.

Качество сепарации напрямую зависят от конструкции сепарационного элемента. В работе рассмотрены вопросы, связанные с конструктивными особенностями внутренних устройств сепараторов, кратко представлены достоинства и недостатки различных типов устройств.

Моделирование процесса сепарации многофазной многокомпонентной системы в поле центробежных сил осуществляется методом конечных элементов в ПО SolidWorks Flow Simulation.

Приведены результаты моделирования процесса сепарации методом конечных элементов в среде SolidWorks Flow Simulation.

Моделирование показало, что среди типовых прямоточно-центробежных элементов устройства с радиальным завихрителем имеют наименьшее гидравлическое сопротивление.

Однако из всех типовых сепарационных элементов они имеют самую низкую сепарационную способность из-за большого вторичного уноса, который возникает в результате дробления капель жидкости за вытеснителем газового потока.

Из результатов моделирования следует, при увеличении угла закрутки  $\alpha$  эффективность сепарации возрастает, а диапазон эффективной работы снижается. Наибольшая эффективность сепарации достигается при угле установки лопаток 30°. В этом случае осевая составляющая скорости у центра возрастает, а частицы дисперсной фазы сепарируются от центра на периферию.

Таким образом, основными недостатками типовых прямоточно-центробежных элементов с осевым завихрителем, выявленными в процессе моделирования и подтвержденными опытом их эксплуатации, являются высокое гидравлическое сопротивление и повышенный унос газа с жидкостью. При этом используемые сепараторы эффективно отбивают жидкость только в узком диапазоне факторов скоростей от 8 до 45, и при изменении режима работы сепаратора, вызванным, например, естественным падением добычи, уже перестают работать.

Намечены пути дальнейшей разработки конструкции прямоточно-центробежного элемента, обладающей повышенной эффективностью при сниженном гидравлическом сопротивлении.